



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 42 23 019 C 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
F 04 B 43/04  
F 04 B 19/20  
F 04 F 7/00  
H 01 L 21/302

21 Aktenzeichen: P 42 23 019.5-15  
22 Anmeldetag: 13. 7. 92  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18. 11. 93

DE 42 23 019 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE

74 Vertreter:

Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 82049 Pullach

72 Erfinder:

Richter, Axel, Dipl.-Ing., 8000 München, DE; Lang,  
Walter, Dr.-Ing., 8000 München, DE; Offereins,  
Henderikus L., Dipl.-Ing., 8859 Weichering, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 25 749 C1  
DE 34 13 437 C2  
EP 03 92 978 A1

54 Ventillose Mikropumpe

57 Eine ventillose, mikrominiaturisierbare Pumpe hat eine  
oszillierende Aktorvorrichtung, die dem zu pumpenden Fluid  
eine Oszillationsbewegung aufprägt, und eine anisotrope  
Struktur, die im Bereich des von der Aktorvorrichtung relativ  
zu der anisotropen Struktur bewegten Fluids angeordnet ist.  
Eine derartige ventillose Mikropumpe lässt sich mit an sich  
bekannten photolithographischen Techniken aus Halbleiter-  
materialien fertigen.

DE 42 23 019 C 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung befaßt sich mit einer ventillosen Mikropumpe.

In einem bevorzugten Anwendungsgebiet befaßt sich die vorliegende Erfindung mit einer Mikropumpe, die mittels photolithographischer Herstellungsverfahren mit Halbleitermaterialien hergestellt werden kann.

Es sind bereits ventillöse Fluidpumpen bekannt, die nach dem elektrohydrodynamischen Prinzip arbeiten. Bei diesen Pumpen findet nötigerweise eine Ladungsträgerinjektion in das zu pumpende Fluid statt, so daß sich derartige Pumpen nur für dielektrische Fluide eignen. Die Grundstruktur derartiger ventillosen Pumpen ist in der US-PS 3,267,860 geoffenbart.

Gleichfalls sind ventillosen Membranpumpen bekannt, bei denen eine Mehrzahl von Druckkörpern auf einer Exzenterwelle umlaufend geführt sind, die eine Membran mit einem wandernden Anlagepunkt gegen einen Pumpengegenkörper anpressen. Ein Beispiel einer derartigen ventillosen Membranpumpe ist in der DE-34 13 437 C2 gezeigt. Ventillosen Membranpumpen dieses Types eignen sich nicht für eine Mikrominiaturisierung.

Aus der EP-A1-0392978 ist bereits eine mikrominiaturisierbare Membranpumpe bekannt, die eine äußere Membrane hat, welche durch ein Piezoelement deformierbar ist. Eine innere Pumpkammer der Mikropumpe ist durch eine Trennwand unterteilt, innerhalb der Ventilstrukturen angeordnet sind. Die Ventilstrukturen sind Bestandteil von Anschlägen, die die Bewegung der Membran gegenüber der Trennwand bzw. gegenüber dem restlichen Pumpenkörper zur Festlegung einer pro Pumpzyklus konstanten Pumpmenge begrenzen.

Aus der WO90/15929 ist eine weitere Mikropumpe bekannt, die der soeben gewürdigten Mikropumpe von ihrer Struktur her weitgehend entspricht.

Die zuletzt beschriebenen Mikropumpen benötigen vor bzw. hinter einer Kammer angeordnete Ventile oder Ventilstrukturen, um eine Pumpkammervolumenveränderung aufgrund einer Bewegung der Membrane in eine Fluidpumpwirkung umzusetzen.

Derartige Ventilstrukturen erweisen sich bei einem hohen Grad der Mikrominiaturisierung als schwierig in der Herstellung. Ebenfalls gibt es Anwendungsfälle, bei denen das Fluid durch die Arbeitswirkung der Ventilstrukturen in Mitleidenschaft gezogen werden kann.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine ventillöse, miniaturisierbare Pumpe zu schaffen, die sich einfach herstellen läßt.

Diese Aufgabe wird durch eine ventillöse Mikropumpe gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße ventillöse Mikropumpe hat eine oszillierende Aktorvorrichtung, die dem Fluid eine Oszillationsbewegung aufprägt. Der von dem Fluid durchströmte Bereich der Mikropumpe umfaßt wenigstens einen spaltartigen Bereich, der auch die Form einer spaltartigen Öffnung haben kann. Ferner hat die ventillöse Mikropumpe eine in strömungstechnischer Hinsicht anisotrope Struktur, die einen in Pumprichtung des Fluids geringeren Strömungswiderstand verglichen mit dem Strömungswiderstand entgegen der Pumprichtung hat. Die anisotrope Struktur ist in dem spaltartigen Bereich angeordnet oder bildet den spaltartigen Bereich und legt diesen somit fest. Die anisotrope Struktur befindet sich im Bereich des von der Aktorvorrichtung relativ zu der anisotropen Struktur bewegten Fluids.

Somit wird die von der Aktorvorrichtung erzwungene Hin- und Herbewegung des Fluids in dem spaltartigen Bereich in eine Nettopumpwirkung umgesetzt.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine Pumpe bei Verzicht auf Ventile mikrominiaturisiert ausgeführt werden kann, wenn diese einerseits eine oszillierende Aktorvorrichtung umfaßt, die dem Fluid eine Oszillationsbewegung aufprägt, und andererseits eine anisotrope Struktur hat, die im Bereich des von der Aktorvorrichtung relativ zu der anisotropen Struktur oszillierend bewegten Fluids angeordnet ist. Die für die erfindungsgemäße ventillöse Mikropumpe benötigte Aktorvorrichtung und die anisotrope Struktur lassen sich mittels an sich bekannter Herstellungsverfahren aus dem Bereich der Herstellung von Mikrostrukturen mittels Photolithographie erzeugen und eignen sich insbesondere für eine Serienherstellung in Halbleitertechnik.

Bevorzugte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Mikropumpe sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen bevorzugte Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Mikropumpe näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 bis 14 ein erstes bis vierzehntes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen ventillosen Mikropumpe.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, umfaßt das dort in einer Querschnittsdarstellung gezeigte erste Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Mikropumpe zwei aus einem Siliziumwafer durch photolithographische Ätztechnik hergestellte Pumpenkörper 1, 2, zwischen denen ein Durchströmungskanal 3 festgelegt ist. Der Durchströmungskanal 3 hat senkrecht zu den Hauptflächen der beiden Pumpenkörper 1, 2 eine Erstreckung in Spaltrichtung, die zwischen 1 und 100 Mikrometer, typischerweise bei etwa 10 Mikrometer liegt. Der obere der beiden Pumpenkörper 1 ist als oszillierende Aktorvorrichtung AK ausgestaltet. Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel hat der Pumpenkörper 1 auf seiner dem Durchströmungskanal abgewandten Seite eine durch KOH-Ätzen in einem Siliziumwafer hergestellte rückseitige Ausnehmung 4 zur Festlegung einer Membran M.

Obwohl dies in Fig. 1 nicht im einzelnen gezeigt ist, wird die Membran M in der durch den Doppelpfeil A bezeichneten Oszillationsrichtung mittels einer an sich bekannten elektromechanischen Wandlervorrichtung (nicht dargestellt) oszillierend angetrieben.

Typischerweise wird man die Bewegung der Membran M in der Oszillationsrichtung A durch eine elektrostatische Wirkung herbeiführen. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß in einem geringen Abstand von der leitfähig ausgebildeten Membran M ein Gegenelektrodenkörper innerhalb der Ausnehmung 4 angeordnet wird, der gleichfalls leitfähig ausgebildet bzw. dotiert ist, wobei eine entsprechende Treiberspannung an diese beiden Elektroden angelegt wird. Typische Treiberfrequenzen für die oszillierende Bewegung der Membran M der Aktorvorrichtung AK sind einige kHz. Für die Zwecke der Erfindung kommt es jedoch, wie nachfolgend verdeutlicht werden wird, auf die Art des Antreibens der Aktorvorrichtung AK nicht an. Denkbar sind daher beispielsweise auch die Verwendung von elektromagnetischen Elementen, thermopneumatischen Wandlern, sowie piezoelektrischen Wandlern. Allgemein kommt bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 jedes Treiberelement in Betracht, welches zu einer Oszillation der Membran M der Aktorvorrichtung

AK in der durch den Doppelpfeil A bezeichneten Oszillationsrichtung dient.

Die durch den zweiten Pumpenkörper 2 gebildete Wandung der erfindungsgemäßen ventillosen Mikropumpe hat bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel in demjenigen Bereich, der der Membran M gegenüberliegt, eine anisotrope Struktur, die bei dem hier gezeigten Beispielsfall durch eine im Querschnitt sägezahnförmige Oberflächenstruktur 5 der dem Durchströmungskanal 3 zugewandten Seite des zweiten Pumpenkörpers 2 gebildet ist.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel bewirkt die Aktorvorrichtung AK eine Einprägung einer Oszillation des zu pumpenden Fluids im wesentlichen vertikal zu der gewünschten Pumprichtung, die durch den Pfeil B verdeutlicht ist, wobei der in Pumprichtung B niedrigere Strömungswiderstand der anisotropen Struktur AS bezogen auf den Strömungswiderstand entgegen der Pumprichtung B zu einer Nettoströmungsbewegungsrichtung führt, die in Pumprichtung B orientiert ist. Es sei hervorgehoben, daß die erfindungsgemäße Mikropumpe ventillos arbeitet, so daß die im Stand der Technik häufig durch die Scherwirkung von Ventilen auftretende Beschädigung von Elementen des Fluids ausgeschlossen ist.

Die anisotrope Struktur des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels in Form der sägezahnförmigen Oberflächenstruktur 5 des zweiten Pumpenkörpers kann durch anisotropes Ätzen eines Siliziumwafers in der 110-Ebene herbeigeführt werden und ist somit fertigungstechnisch für eine Serienherstellung geeignet.

Das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel hebt sich von dem soeben beschriebenen Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 dadurch ab, daß hier die sägezahnförmige Oberflächenstruktur nicht erhoben, sondern in der Oberfläche versenkt ausgeführt ist.

Bei dem in Fig. 3 gezeigten dritten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Mikropumpe ist die anisotrope Struktur AS durch eine sägezahnförmige Oberflächenstruktur der Membran M auf ihrer dem durch Strömungskanal 3 zugewandten Seite implementiert. Hier kann der zweite Pumpenkörper eine glatte, unstrukturierte Wandung sein, die zur Festlegung des Durchströmungskanales 3 dient. Bei der in Fig. 3 gezeigten Struktur ist es unter Verzicht auf guten Pumpenwirkungsgrad denkbar, den zweiten Pumpenkörper 2 fortzulassen, soweit die Pumpe nur dazu dienen soll, eine Oberflächenströmung entlang des ersten Pumpenkörpers 1 herbeizuführen.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen ventillosen Mikropumpe gemäß Fig. 4 weist die Aktorvorrichtung AK neben der Struktur, die unter Bezugnahme auf das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 erläutert wurde, eine weitere anisotrope Struktur AS an der dem Durchströmungskanal 3 zugewandten Fläche des ersten Pumpenkörpers 1 auf, welche die Bereiche außerhalb der Membran M überdeckt. Bei der erfindungsgemäßen Mikropumpe kann die anisotrope Struktur nicht nur an den dem Durchströmungskanal 3 zugewandten Flächenbereichen der beiden Pumpenkörper 1, 2 ausgebildet sein, wie dies bei den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 1 und 4 der Fall ist, sondern beispielsweise auch zwischen den beiden Pumpenkörpern innerhalb des Durchströmungskanales 3 angeordnet sein, wie dies bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 verdeutlicht ist. Hier umfaßt die anisotrope Struktur AS mehrere in Strömungsrichtung hintereinander in dem Strömungskanal 3 angeordnete, im Querschnitt halb-

kreisförmige Balkensegmente 7. Jedoch kommen abweichend von der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform auch andere Ausgestaltungen der anisotropen Struktur bei Anordnung von Balkensegmenten innerhalb des Durchströmungskanales 3 in Betracht, soweit diese in Pumprichtung B einen niedrigeren Strömungswiderstand hervorrufen als entgegen der Pumprichtung B.

Das in Fig. 6 gezeigte sechste Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Mikropumpe besteht aus zwei symmetrischen Pumpenkörpern 1, 2 mit Membranen M, die Membranverstärkungsbereiche 8, 9 haben, welche im Bereich des Durchströmungskanales 3 einen relativ engen Durchströmungsspalt definieren. Diese eng benachbarten Membranverstärkungsbereiche haben aufgrund ihrer sägezahnförmigen Oberflächengestalt gleichfalls die Wirkung anisotroper Strukturen AS. Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 läßt sich durch Zusammenfügen zweier identischen, durch photolithographische Ätzverfahren hergestellten Halbleiterpumpenkörper realisieren.

Bei dem in Fig. 7 dargestellten siebten Ausführungsbeispiel hat der erste Pumpenkörper 1 eine ätztechnisch realisierte Ausnehmung 10 zur Festlegung der Membrane M. Die Ausnehmung 10 legt eine Pumpkammer fest, die von zwei weiteren Pumpenkörpern 2a, 2b überdeckt wird. Diese Pumpenkörper 2a, 2b legen einen Einlaß 11 und einen Auslaß 12 für den Pumpenraum fest, wobei die in Strömungsrichtung einlaßseitig bzw. auslaßseitig jeweils V-förmigen Wandungen der Einlaßöffnung bzw. der Auslaßöffnung ein Pumpströmungsrichtung festlegen.

Das in Fig. 8 gezeigte Ausführungsbeispiel hebt sich von dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 dadurch ab, daß hier der erste Pumpenkörper 1 zur Erhöhung der Elastizität der Aufhängung der Membrane M in dem an die Membrane M angrenzenden Bereich als Balgen B strukturiert ist.

Das in Fig. 9 dargestellte neunte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen ventillosen Mikropumpe hebt sich dadurch von dem in Fig. 7 gezeigten siebten Ausführungsbeispiel ab, daß hier der Membranbereich M des ersten Pumpenkörpers auf seiner dem Pumpenraum zugewandten Seite als anisotrope Struktur zur Verstärkung der Pumpwirkung ausgeführt ist.

Bei dem in Fig. 10 gezeigten zehnten Ausführungsbeispiel weist wiederum der erste Pumpenkörper 1 einen Membranverstärkungsbereich 8 auf, der im wesentlichen die Struktur des Membranverstärkungsbereiches 8 des ersten Pumpenkörpers 1 des sechsten Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 6 hat. Der diesem ersten Pumpenkörper zur Definition des Durchströmungskanales 3 gegenüberliegende zweite Pumpenkörper 2 ist im wesentlichen plattenförmig ausgeführt und hat lediglich eine Öffnung 13 zur Verbindung des Durchströmungskanales 3 mit der dem Durchströmungskanal 3 abgewandten Seite des zweiten Pumpenkörpers 2.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 11 hat der erste Pumpenkörper 1 wiederum einen membranartigen Bereich M, dessen dem Durchströmungskanal 3 zugewandte Seite als anisotrope Struktur AS ausgeführt ist, welche hier als sägezahnförmige Spitzenstruktur 14 einer teilweise glatten Membraninnenseite 15 ausgebildet ist. Hier sind auf der dem ersten Pumpenkörper 1 gegenüberliegenden Seite des Durchströmungskanales 3 ein zweiter und dritter Pumpenkörper 2a, 2b vorgesehen. Diese umfassen jeweils im Querschnitt drei V-förmige Balken 16, 17, die aufeinander aufliegen. Die Balken des zweiten Pumpenkörpers 2a sind mit ihren Drei-

ecksspitzen vom Durchströmungskanal 3 abgewandt. Dies trifft auch für die in Fig. 11 linksseitige Hälfte der Balken des dritten Pumpenkörpers 2b zu, während die rechtsseitige Hälfte der Balken 17 entgegengesetzt orientiert vorgesehen ist. Eine Eingangsseite 18 und eine Ausgangsseite 19 dieser Mikropumpe sind durch eine Trennwand 20 voneinander separiert. An der dem Durchströmungskanal 3 abgewandten Seite der Membran M des ersten Pumpenkörpers 1 sind fünf Betätigungselemente 21, 22, 23, 24, 25 vorgesehen, die beispielsweise piezoelektrische Elemente oder elektrostatisch angeregte Elemente sein können. Diese werden sequentiell derart angeregt, daß sich die Membrane M wellenartig in Form einer Wanderwelle in der durch den Pfeil C bezeichneten Richtung deformiert.

Das zwölfte Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 12 hebt sich dadurch von demjenigen der Fig. 11 ab, daß hier die Membran M zur Erhöhung ihrer Elastizität mit Ausnehmungen 26 auf ihrer dem Durchströmungskanal 3 abgewandten Seite versehen ist, welche den sägezahnförmigen Spitzen 14 der anisotropen Struktur AS zur Bildung balgenähnlicher Aufhängungen gegenüberliegen. Zur Erhöhung der Pumpleistung haben hier der zweite und dritte Pumpenkörper 2a, 2b neben den beschriebenen, im Querschnitt dreieckförmigen Balkensegmenten, die hier versetzt angeordnet sind, auch zweiflächig geschlossene Abschnitte 27, 28, die gleichzeitig zur Trennung eines Einlaßbereiches und eines Auslaßbereiches beidseits derselben dienen.

Bei dem dreizehnten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen ventillosen Mikropumpe, das in Fig. 13 dargestellt ist, hat der erste Pumpenkörper 1 eine Membran M mit einem mittigen Membranversteifungsbereich 30, an den sich Balgenbereiche 29 anschließen, welche zur Erhöhung der Membranelastizität dienen. Der Membranversteifungsbereich weist wiederum auf seiner dem Durchströmungskanal 3 zugewandten Seite eine anisotrope Struktur AS in Form einer sägezahnförmigen Oberflächenstruktur 31 auf.

Ein zweiter und ein dritter Pumpenkörper 2a, 2b haben gegenüber dem Membranverstärkungsbereich 30 des ersten Pumpenkörpers aufeinanderliegende Flächenbereiche 32, 33, an die sich beidseitig gegenüber den Balgenbereichen 29 angeordnete, im Querschnitt dreiecksförmige balkenartige Segmente 34, 35 zur Definition eines Einlaß- und Auslaß-Bereiches der Mikropumpe anschließen.

Die in Fig. 14 dargestellte vierzehnte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Mikropumpe hebt sich von dem beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel nur dadurch ab, daß hier die Aktorvorrichtung AK als elektrostatische Betätigung der Membrane M in einer möglichen Ausführungsform dargestellt ist. In der rückseitigen Ausnehmung 4 des ersten Pumpenkörpers 1 liegt hier ein leitender Vorsprung 35 eines Gegenelektrodenkörpers 36, der von dem ersten Pumpenkörper durch nicht-leitende Abstandshalter 37 beabstandet ist. Durch Anlegen einer Wechselspannung an den ersten Pumpenkörper 1 und den Gegenelektrodenkörper 36 kommt es zu einer elektrostatischen Anziehung und Abstoßung der Membrane M bezüglich der Gegenelektrode 35 und somit zu einer Oszillation in der mit A bezeichneten Schwingungsrichtung.

#### Patentansprüche

1. Ventillose Mikropumpe, gekennzeichnet durch eine oszillierende Aktorvorrichtung (AK), die dem

in einem spaltartigen Bereich befindlichen Fluid eine Oszillationsbewegung aufprägt, und eine in strömungstechnischer Hinsicht anisotrope Struktur (AS), die in dem spaltartigen Bereich angeordnet ist oder diesen spaltartigen Bereich festlegt und die im Bereich des von der Aktorvorrichtung relativ zu der anisotropen Struktur (AS) bewegten Fluids angeordnet ist.

2. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine der Aktorvorrichtung (AK) zur Festlegung eines spaltartigen Durchströmungskanales (K) gegenüberliegende Wandung (2, 2a, 2b).

3. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktorvorrichtung (AK) eine Membran (M) aufweist.

4. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Richtung der Oszillationsbewegung (A) der Aktorvorrichtung (AK) im wesentlichen senkrecht auf der Fluidströmungsrichtung (B) steht.

5. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) in der der Aktorvorrichtung (AK) gegenüberliegenden Wandung (2) ausgebildet ist.

6. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 3 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) in der Wandung (2) in einem der Membran (M) gegenüberliegenden Bereich ausgebildet ist.

7. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) in der Aktorvorrichtung (AK) ausgebildet ist.

8. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 3 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) in der Membran (M) ausgebildet ist.

9. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 3 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) in einem an die Membran (M) anschließenden Bereich der Aktorvorrichtung (AK) ausgebildet ist.

10. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) in dem Durchströmungskanal (3) zwischen der Aktorvorrichtung (AK) und der Wandung (2) angeordnet ist.

11. Ventillose Mikropumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des spaltartigen Bereichs (3) zwischen einem Mikrometer und einhundert Mikrometer beträgt.

12. Ventillose Mikropumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) sägezahnartig ist.

13. Anisotrope Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) im Querschnitt halbkreisförmig ist.

14. Ventillose Mikropumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktorvorrichtung (AK) und die anisotrope Struktur (AS) mittels photolithographischer Verfahren hergestellt sind.

15. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktorvorrichtung (AK) und die anisotrope Struktur (AS) aus einem Halbleitermaterial bestehen.

16. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (M) in einem Siliziumwafer durch KOH-Ätzen gebildet ist.

17. Ventillose Mikropumpe nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (M) elektrostatisch mit einer Frequenz von einigen kHz betrieben wird.

18. Ventillose Mikropumpe nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die anisotrope Struktur (AS) sägezahnförmig ist und durch anisotropes Ätzen eines Siliziumwafers in der 110-Ebene gebildet ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

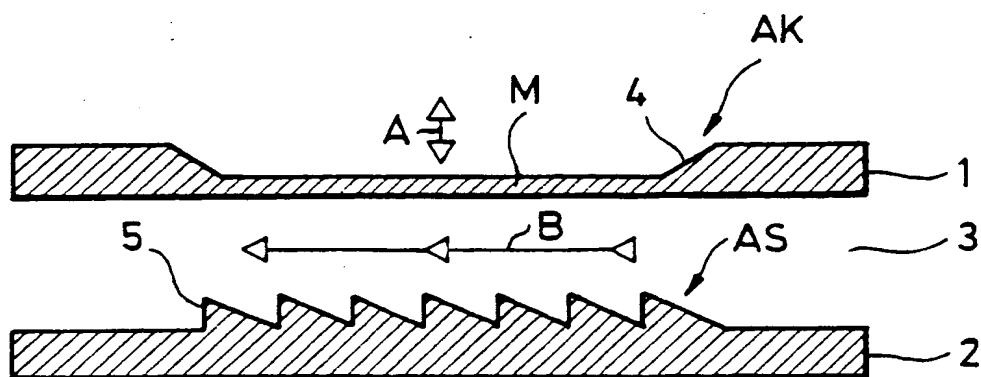


FIG.1

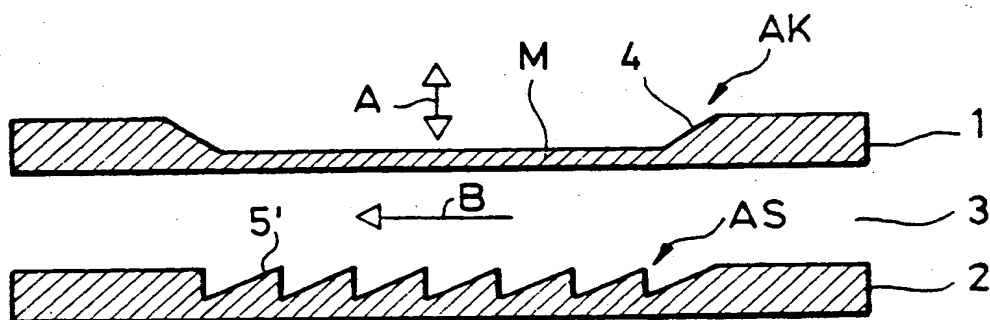


FIG.2

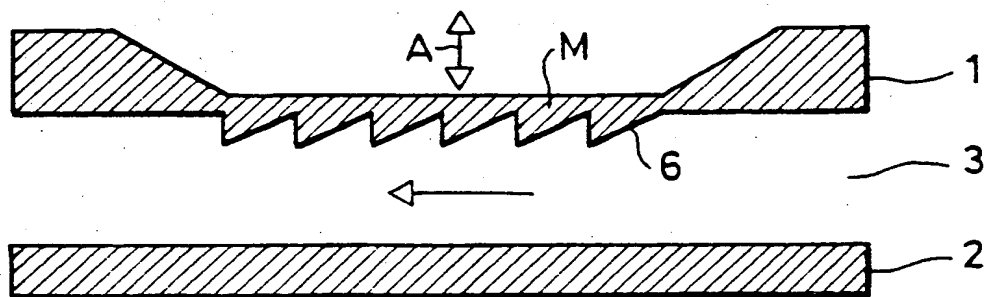


FIG.3

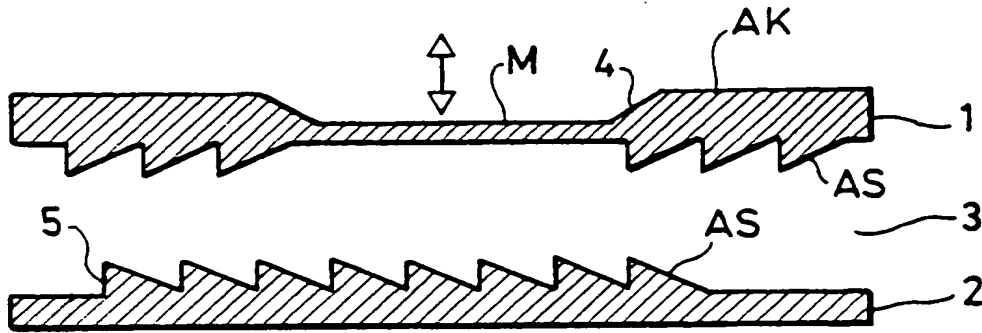


FIG. 4

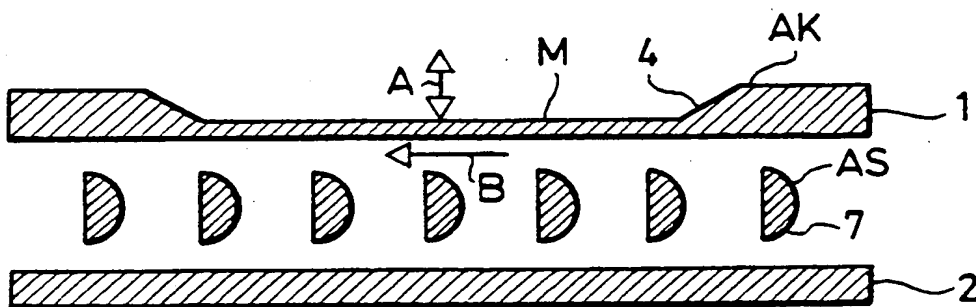


FIG. 5

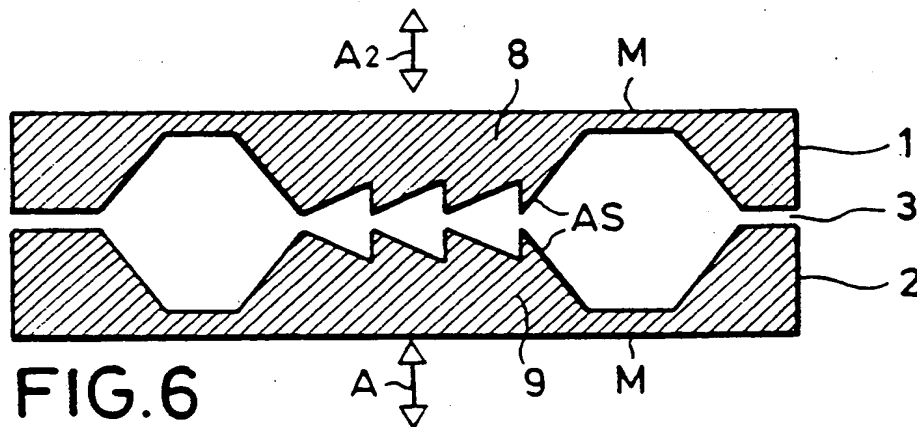


FIG. 6

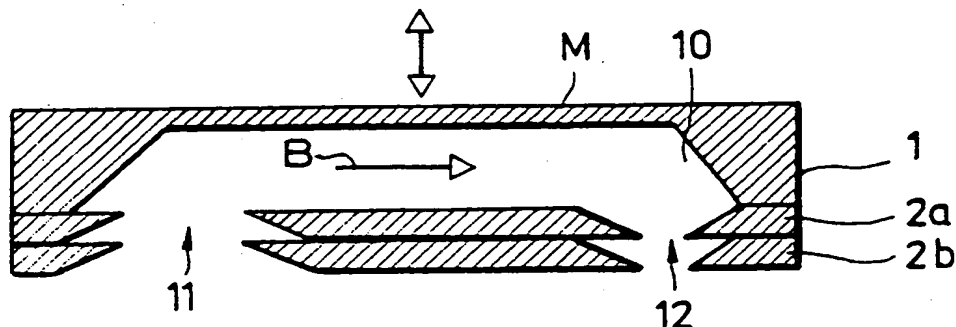


FIG. 7

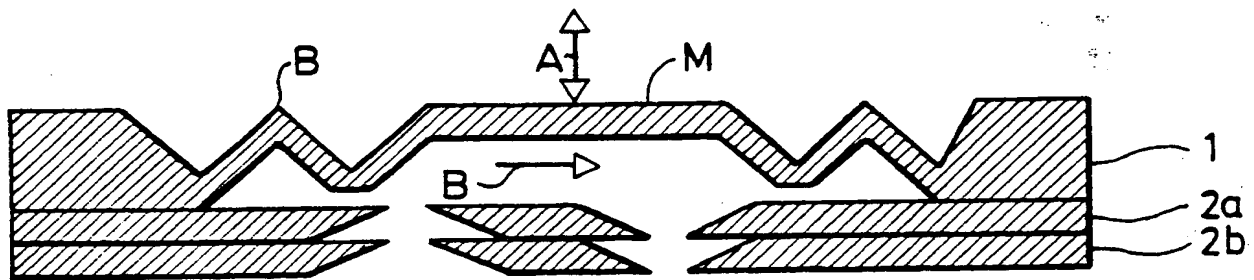


FIG. 8

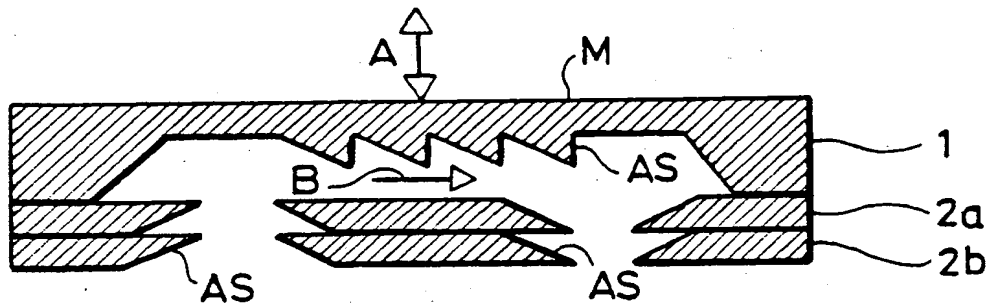


FIG. 9

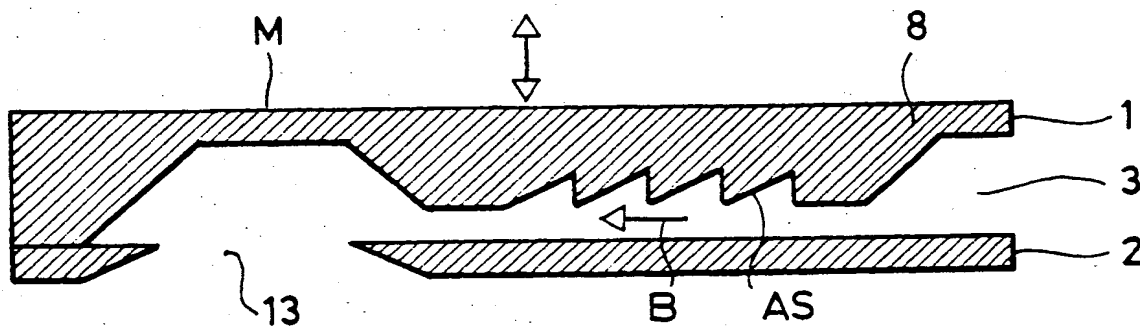


FIG. 10



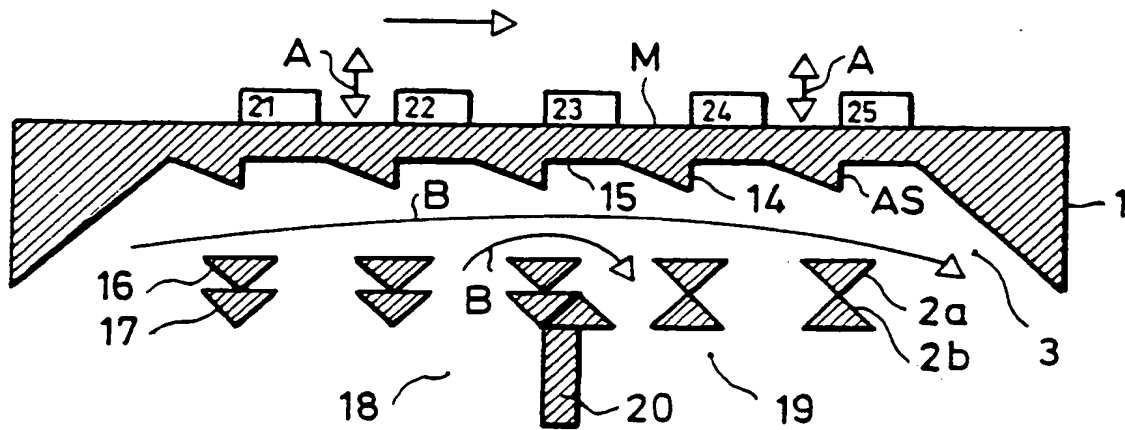


FIG. 11

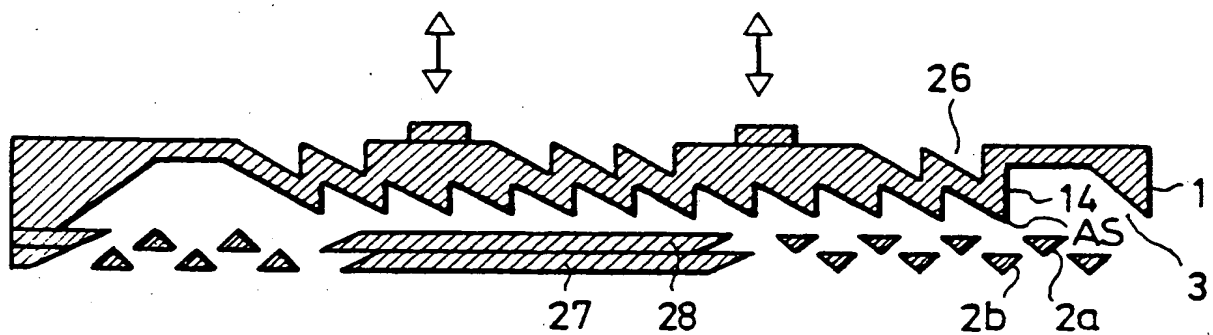


FIG. 12

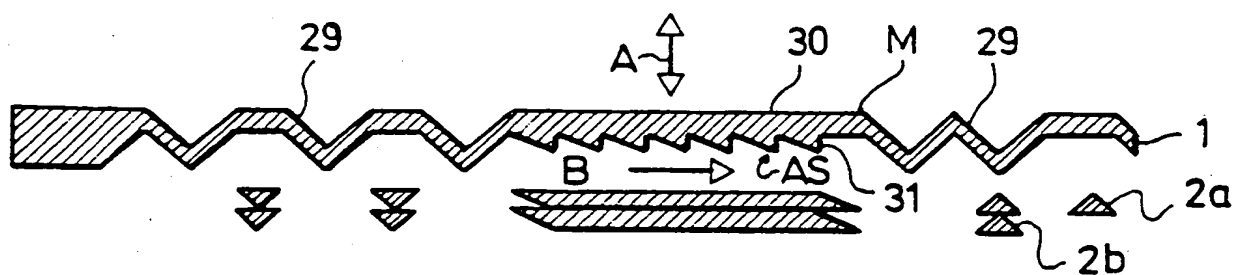


FIG. 13

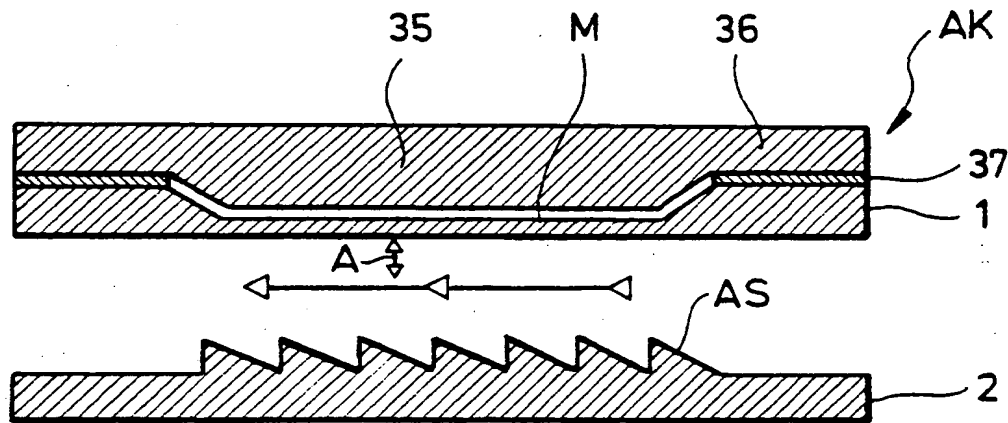


FIG.14